

加速器におけるビーム軌道の安定化に関する研究会

近年の加速器要素技術や加速器モデルの高精度化に伴うビーム性能の向上により、ビーム軌道のよりいっそうの安定化が求められている。SPring-8は、X線高輝度放射光光源であり、空間的にシャープなフォトンビームの性能を最大限に引き出す上で、軌道安定化は最も重要な項目の1つと言える。このため、以前から加速器部門では軌道安定化を目指した様々な改善策を実施し、一定の成果を上げてきた。しかし、ビーム軌道変動は多数の機器やユーティリティシステム、建物等が関与した極めて複雑な現象である。サブミクロン領域の軌道安定化を達成するには、安定化というトータルな視点で、個々の機器やシステムの改善目標並びにタイムスケジュールをコントロールしていくことが重要なことはいままでの間でもない。このため、2001年から蓄積リングにおけるサブミクロンの軌道安定化を目指し、「蓄積リングビーム軌道安定化プロジェクト」をスタートさせた。プロジェクト開始から約1年が経過した時期に開催される本研究会の趣旨は、(1)これまでSPring-8で行ってきた軌道安定化の試みについて、全国の主要な加速器施設の研究者によるレビューを受けると共に、(2)振動の要因からその抑制の方法論までを含めた総合的な議論を通し、サブミクロンの軌道安定化の実現に向け、何が本質的な問題であるのかを明確にすることであった。

研究会は2001年10月15～16日の2日間、SPring-8中央管理棟講堂で行われた。日本放射光研究所(SPring-8)を含め、日本原子力研究所(原研)、高エネルギー物理学研究所(KEK)、放射線医学総合研究所、分子科学研究所、理化学研究所、大阪大学核物理研究センター(RCNP)から、軌道安定化で活躍している研究者が集まり、なごやか雰囲気のもとで活発な議論が展開された。プログラム(巻末に添付)から分かるように、今回は24件の発表の内14件がSPring-8研究者の発表であった。このため、どちらかというとならばSPring-8の取り組みに対し意見や批判を求めるといった色彩が強く、サブミクロンの軌道安定化の実現に向けたブレークスルーの議論には至らなかった。個々の発表の内容は、Webサイト^{*1)}で公開されているので、興味のある方はそちらで詳細を知ることができる。

今回の研究会の議論を通じて、SPring-8の軌道安定化へのアプローチ「最適化された加速器設計による軌道の初期安定性+ユーザー運転を通じての堅実な変動要因の撲滅」への厳しい批判は出なかった。「軌道安定度は補正でどうにでもなる」という意見も多いが、早い軌道変動をビーム位置検出器(BPM)と高速ステアリングで構成されるシステムで精度良く補正するのはかなり難しいのが実体のようである。研究会でもKEK-PFの帯名氏が、実際50Hz

程度まで補正するために開発されたシステムが数Hz以下でしか機能していないとの現状報告があった。RCNPの佐藤氏からはSPring-8と同じく変動要因の撲滅に徹底的に拘った結果、サイクロトロン磁場の安定化し、300MeVの陽子ビームで0.00004のエネルギー分解能(世界最高)を達成、超精密実験ができるようになったという興味深い発表があった。このような極限の安定性は、フィードバック的な補正では実現が難しいことを強調していたように思う。KEK-加速器テスト施設(ATF)の早野氏は、発表の中でATFダンピングリングの垂直方向軌道変動に30～40Hzの振動が顕著であることを示した。SPring-8蓄積リングでも、垂直軌道変動スペクトルの30Hz付近にブロードなピークがあり、同じ原因で発生している可能性もありそうだ。各施設の軌道変動に共通の点も多くあり、色々な放射光施設の軌道安定化の試みの詳細を議論できるような研究会を開催することは、極めて意義があるように感じた。さらに、加速器の安定化を極限まで押し進めることで、ビーム利用実験のみならず加速器物理でもおもしろい現象が見つかったと原研の西森氏、RCNPの佐藤氏から報告があった。これらの話は、軌道安定化プロジェクトを推進している私たちに勇気づけるものである。究極の軌道安定化の後に、私たちはどんな現象と遭遇するのであろうか? 実に興味深い。

最後に、研究会開催前に韓国Pohang加速器研究所(PAL)の研究者から、PALでも軌道安定化は興味ある話題なので韓国の研究者が参加できるようにInternationalな研究会にして欲しい旨の問い合わせがあったことを記しておく。今回は準備の都合上、トランスパレンシーのみ英語表記とし、発表は日本語で行った。次回の第2回の研究会は、今回の反省点を見直した上で、Internationalな形で開いていくことを考えていきたい。

*1) <http://acc-web.spring8.or.jp/~oper/beam-stabilizations/program.html>

《プログラム》

10月15日(月)(1日目)

開会の挨拶 熊谷 教孝

- ・SPring-8蓄積リングにおけるビーム軌道安定化プロジェクト (田中 均・SPring-8)
- ・原研自由電子レーザーにおける電子バンチ間隔の安定性と光共振器長の高精度測定 (西森 信行・原研)
- ・SPring-8リニアックのエネルギー安定化 (花木 博文・SPring-8)

- ・ KEKB 入射器におけるビーム安定性の諸問題
(諏訪田 剛・KEK)
- ・ ATF-DR ビームおよび取り出したビームの安定度
(早野 仁司・KEK)
- ・ SPring-8 線型加速器に於けるシングルショット BPM システム
(柳田 謙一・SPring-8)
- ・ エネルギー圧縮システムによるビーム安定化
(安積 隆夫・SPring-8)
- ・ 電磁石の強制振動によるビーム軌道変動 - SPring-8 蓄積リング -
(中里 俊晴・SPring-8)
- ・ SR 収納部床、Q 電磁石振動測定結果
(松井佐久夫・SPring-8)
- ・ SPring-8 蓄積リングのビーム振動と磁石振動の測定
(妻木 孝治・SPring-8)
- ・ 地中温度の変化が及ぼすマシン周長への影響について
(伊達 伸・SPring-8)
- ・ SR 電磁石電源の安定度の改善
(武部 英樹・SPring-8)
- ・ Plan for monitoring the elevation variations of the tunnel floor
(張 超、SPring-8)

10月16日(火)(2日目)

- ・ KEKB における閉軌道補正の現状
(手島 昌己・KEK)
 - ・ RCNP サイクロトロン of 超高品質ビーム - その実践と新しい非線形軌道理論 -
(佐藤 健次・RCNP)
 - ・ PF でのデジタルフィードバックシステム
(帯名 崇・KEK/PF)
 - ・ UVSOR における軌道変動 (加藤 政博・分子研)
 - ・ HIMAC でのビーム安定化の現状
(金澤 光隆・放医研)
 - ・ ブラウン運動的地盤変動と動的アライメント
(竹田 繁・KEK)
 - ・ SPring-8 蓄積リング COD 測定用 BPM 信号処理回路高性能化
(佐々木茂樹・SPring-8)
 - ・ 高速可変偏光アンジュレーター駆動による軌道変動
(中谷 健・SPring-8)
 - ・ SPring-8 における放射光ビーム高速診断システム
(青柳 秀樹・SPring-8)
 - ・ SPring-8 蓄積リングにおけるコヒーレントなシンクロトロン振動の抑制
(大島 隆・SPring-8)
 - ・ SPring-8 蓄積リングにおける冷却水温度変動のビーム軌道に対する影響
(熊谷 桂子・理研)
- 閉会の挨拶 熊谷 教孝

加速器部門 田中 均